

(312) 300-0000

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年12月12日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-377033

出 願 人
Applicant(s):

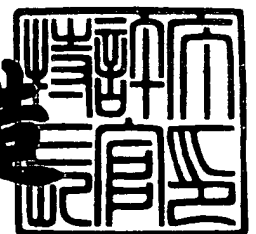
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3004637

2500.65308

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re U.S. Patent Application)

Applicant: Tagawa et al.)

Serial No.)

Filed: March 14, 2001)

For: MAGNETORESISTIVE)
TRANSDUCER HAVING)
STRONGER LONGITUDINAL)
BIAS FIELD)

Art Unit:)

I hereby certify that this paper is being deposited
with the United States Postal Service as EXPRESS
MAIL in an envelope addressed to: Assistant
Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231,
on March 14, 2001..

Express Label No.: EL 846162077 US

Signature: L. Novick

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the
basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2000-377033, filed December 12, 2000.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By



Patrick G. Burns
Reg. No. 29,367

March 14, 2001
300 South Wacker Drive
Suite 2500
Chicago, IL 60606
(312) 360-0080
Customer Number: 24978

01/14/01
1060 U.S. PRO

10672 U.S. PRO
09/808253
03/14/01

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Data of Application: December 12, 2000
Application Number: 2000-377033
Applicant: FUJITSU LIMITED

February 2, 2001
Commissioner, Patent Office
K o z o O i k a w a

【書類名】 特許願

【整理番号】 0051850

【提出日】 平成12年12月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39
G01R 33/09
H01F 10/00

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 田河 育也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 山田 健一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105094

【弁理士】

【氏名又は名称】 山▲崎▼ 薫

【電話番号】 03-5226-0508

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049618

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803088

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基礎層の表面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む 1 対の磁区制御膜と、任意の 1 平面に沿って広がる第 1 境界面で磁気抵抗効果膜の表面に向き合うとともに、その 1 平面に沿って広がる第 2 境界面で磁区制御膜に向き合う上部シールド層とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子において、前記上部シールド層には、前記第 1 および第 2 境界面を分断する溝が形成されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 下部シールド層と、下部シールド層上で 1 平面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、その 1 平面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む 1 対の磁区制御膜と、対向面で下部シールド層に向き合いつつ下部シールド層との間に少なくとも磁気抵抗効果膜を挟み込む上部シールド層と、上部シールド層上で対向面から磁気抵抗効果膜に向かって盛り上がる隆起部とを備え、隆起部の盛り上がり高さと上部シールド層の磁化強度との積は、磁区制御膜の膜厚と磁区制御膜の磁化強度との積よりも小さく設定されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜を挟み込み、磁気抵抗効果膜を横切る 1 方向に着磁される磁区制御膜と、少なくとも磁気抵抗効果膜に覆い被さり、その 1 方向の逆向きに着磁される上部シールド層とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば磁気ディスク駆動装置や磁気テープ駆動装置といった磁気記録媒体駆動装置に組み込まれる磁気抵抗効果素子に関し、特に、基礎層の表面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜

を挟み込む1対の磁区制御膜とを備える磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

なお、以下の説明中、「向き合う」には、膜同士や層同士が間隔をおいて向き合う場合だけでなく、膜同士や層同士が接触し合う場合も含まれるものとする。

【0003】

【従来の技術】

例えばスピバルブ膜を利用した磁気抵抗効果素子は広く知られる。スピバルブ膜では、周知の通り、外部から作用する磁界に応じて自由側強磁性層（free layer）の磁化方向は回転する。こうして回転する磁化方向と、固定側強磁性層（pinned layer）で確立される磁化方向との相対角に応じてスピバルブ膜の電気抵抗は変化する。この変化に基づき磁界の向きすなわち磁気情報は読み取られることができる。このとき、自由側強磁性層ではいわゆる単磁区化の実現が望まれる。こういった単磁区化はいわゆるバルクハウゼンノイズの低減に寄与すると考えられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

周知の通り、こういった自由側強磁性層の単磁区化にあたっては、規定の方向に沿って磁化される磁区制御膜が用いられる。この磁区制御膜がスピバルブ膜の両側に配置されると、スピバルブ膜には、規定の方向に沿った縦バイアス磁界が作用すると考えられる。この縦バイアス磁界は自由側強磁性層の単磁区化に大いに寄与すると考えられる。しかしながら、こういった磁区制御膜の採用にも拘わらず、実際には、バルクハウゼンノイズは十分に低減されることはできない。

【0005】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、いわゆるバルクハウゼンノイズを確実に低減することができる磁気抵抗効果膜を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

発明者は従来の磁気抵抗効果素子を詳細に観察した。その結果、従来の磁気抵

抗効果素子では、磁気抵抗効果膜に向き合う上部シールド層に不可避免的に磁極が生成されることを見出した。こういった磁極は、磁区制御膜の着磁後に上部シールド層に残留する残留磁化に基づき形成されると予想される。この磁極は、磁区制御膜同士の間形成される縦バイアス磁界を弱めることが確認された。こうした観察結果に基づき発明者は以下の発明を考案した。

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するために、第 1 発明によれば、基礎層の表面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む 1 対の磁区制御膜と、任意の 1 平面に沿って広がる第 1 境界面で磁気抵抗効果膜の表面に向き合うとともに、その 1 平面に沿って広がる第 2 境界面で磁区制御膜に向き合う上部シールド層とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子が提供される。

【 0 0 0 8 】

一般に、磁区制御膜に対する着磁にあたって、上部シールド層は同時に着磁磁界に曝される。こういった上部シールド層には一般に軟磁性材料が用いられることから、磁区制御膜の着磁後に上部シールド層には磁区制御膜の磁化方向と同方向に残留磁化が存在すると予想される。したがって、上部シールド層の任意の端面で磁化が途切れると、周知の通り、そういった端面には磁極（チャージ）が生じてしまう。

【 0 0 0 9 】

第 1 発明に係る磁気抵抗効果素子では、前述のように 1 平面に沿って第 1 および第 2 境界面が規定されることから、磁気抵抗効果膜に向き合う上部シールド層の対向面では磁化は途切れにくい。したがって、磁極は生じにくい。上部シールド層の残留磁化に基づき縦バイアス磁界が弱められることは回避されることができる。特に、第 1 および第 2 境界面同士が 1 平面に沿って面一に接続されれば、磁極の発生はほぼ完全に回避されることができる。

【 0 0 1 0 】

ただし、上部シールド層には、第 1 および第 2 境界面を分断する溝が形成されてもよい。前述のように上部シールド層に形成される磁化が溝で途切れても、こ

ういった溝ではN極およびS極は同時に生成されることができる。こういったN極およびS極は相互に影響し合うことから、磁区制御膜の先端に生じるN極やS極は溝内のS極やN極から影響を受けにくい。したがって、縦バイアス磁界の弱化は概ね回避されることができる。

【0011】

こうして第1および第2境界面を1平面に沿って規定するにあたっては、磁区制御膜および上部シールド層の間に金製の電極薄膜が挟み込まれることが望まれる。こういった電極薄膜によれば、電極薄膜および磁区制御膜の総膜厚は磁気抵抗効果膜の膜厚と同程度に設定されることができる。したがって、電極薄膜を挟んで磁区制御膜に向き合う上部シールド層の第2境界面は前述の第1境界面と同一平面上に確実に規定されることが可能となる。

【0012】

また、第2発明によれば、下部シールド層と、下部シールド層上で1平面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、その1平面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む1対の磁区制御膜と、対向面で下部シールド層に向き合いつつ下部シールド層との間に少なくとも磁気抵抗効果膜を挟み込む上部シールド層と、上部シールド層上で対向面から磁気抵抗効果膜に向かって盛り上がる隆起部とを備え、隆起部の盛り上がり高さとの積は、磁区制御膜の膜厚と磁区制御膜の磁化強度との積よりも小さく設定されることを特徴とする磁気抵抗効果素子が提供される。

【0013】

隆起部の盛り上がり高さとの積は、上部シールド層に形成される磁極の強度に相当する。その一方で、磁区制御膜の膜厚と磁区制御膜の磁化強度との積は、磁区制御膜で形成される磁極の強度、すなわち、縦バイアス磁界を生成する磁界の強度に相当する。したがって、磁区制御膜の膜厚と磁区制御膜の磁化強度との積に比べて、隆起部の盛り上がり高さとの積が小さく設定されれば、磁区制御膜で形成される磁極は、上部シールド層すなわち隆起部で形成される磁極の影響を受けにくい。したがって、縦バイアス磁界の弱化は概ね回避されることができる。ここで、磁化強度は例

えば残留磁化や飽和磁化の大きさを表現されればよい。

【 0 0 1 4 】

この場合には、前述と同様に、磁区制御膜および上部シールド層の間に金製の電極薄膜が挟み込まれることが望まれる。こういった電極薄膜によれば、電極薄膜および磁区制御膜の総膜厚はできる限り縮小されることができる。こういった電極薄膜および磁気抵抗効果膜上で上部シールド層が積層形成されると、隆起部の盛り上がり高さは確実に縮小されることができる。ただし、電極薄膜および磁気抵抗効果膜と上部シールド層との間には均一な膜厚の非磁性層が挟み込まれてもよい。

【 0 0 1 5 】

さらに、第 3 発明によれば、磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜を挟み込み、磁気抵抗効果膜を横切る 1 方向に着磁される磁区制御膜と、少なくとも磁気抵抗効果膜に覆い被さり、その 1 方向の逆向きに着磁される上部シールド層とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子が提供される。

【 0 0 1 6 】

一般に、磁気抵抗効果素子では、磁気抵抗効果膜を挟み込む磁区制御膜の膜厚や、この磁区制御膜の表面に積層形成される電極膜の膜厚が著しく低減されない限り、上部シールド層から磁気抵抗効果膜に向かって盛り上がる隆起部の形成は回避されることはできない。こういった隆起部の端面では磁化が途切れやすく、その結果、磁極は生成されやすい。その一方で、上部シールド層に逆向きに着磁が施されれば、隆起部の端面には、磁区制御膜の先端に形成される磁極と同一磁性の磁極が生成されることができる。したがって、磁区制御膜の先端から隆起部の端面に向かう磁束の流入は回避されることができる。反対に、こういった磁気抵抗効果素子では、隆起部から磁区制御膜に向かって磁束は流入しやすく、その結果、磁区制御膜の先端に形成される磁極の強度は高められることができる。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

【 0 0 1 8 】

図 1 は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置（HDD）11の内部構造を概略的に示す。このHDD11は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体12を備える。収容空間には、記録媒体としての1枚以上の磁気ディスク13が収容される。磁気ディスク13はスピンドルモータ14の回転軸に装着される。スピンドルモータ14は、例えば7200rpmや10000rpmといった高速度で磁気ディスク13を回転させることができる。筐体本体12には、筐体本体12との間で収容空間を密閉する蓋体すなわちカバー（図示せず）が結合される。

【0019】

収容空間には、垂直方向に延びる支軸15回りで揺動するキャリッジ16がさらに収容される。このキャリッジ16は、支軸15から水平方向に延びる剛体の揺動アーム17と、この揺動アーム17の先端に取り付けられて揺動アーム17から前方に延びる弾性サスペンション18とを備える。周知の通り、弾性サスペンション18の先端では、いわゆるジンバルばね（図示せず）の働きで浮上ヘッドスライダ19は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ19には、磁気ディスク13の表面に向かって弾性サスペンション18から押し付け力が作用する。磁気ディスク13の回転に基づき磁気ディスク13の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ19には浮力が作用する。弾性サスペンション18の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク13の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ19は浮上し続けることができる。

【0020】

こうした浮上ヘッドスライダ19の浮上中に、キャリッジ16が支軸15回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ19は半径方向に磁気ディスク13の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ19は磁気ディスク13上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ16の揺動は例えばボイスコイルモータ（VCM）といったアクチュエータ21の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク13が筐体本体12内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク13同士の間で1本の揺動アーム17に対して2つの弾性サスペンション18が搭載される。

【 0 0 2 1 】

図 2 は浮上ヘッドスライダ 1 9 の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ 1 9 は、平たい直方体に形成される $Al_2O_3 - TiC$ (アルチック) 製のスライダ本体 2 2 と、このスライダ本体 2 2 の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッド 2 3 を内蔵する Al_2O_3 (アルミナ) 製のヘッド素子内蔵膜 2 4 とを備える。スライダ本体 2 2 およびヘッド素子内蔵膜 2 4 には、磁気ディスク 1 3 に対向する媒体対向面すなわち浮上面 2 5 が規定される。磁気ディスク 1 3 の回転に基づき生成される気流 2 6 は浮上面 2 5 に受け止められる。

【 0 0 2 2 】

浮上面 2 5 には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる 2 筋のレール 2 7 が形成される。各レール 2 7 の頂上面にはいわゆる ABS (空気軸受け面) 2 8 が規定される。ABS 2 8 では気流 2 6 の働きに応じて前述の浮力が生成される。ヘッド素子内蔵膜 2 4 に埋め込まれた読み出し書き込みヘッド 2 3 は、後述されるように、ABS 2 8 で露出する。なお、浮上ヘッドスライダ 1 9 の形態はこういった形態に限られるものではない。

【 0 0 2 3 】

図 3 は浮上面 2 5 の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド 2 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る磁気抵抗効果 (MR) 素子 3 1 と、この MR 素子 3 1 に組み合わせられる誘導書き込みヘッド素子 3 2 とを備える。MR 素子 3 1 は、周知の通り、磁気ディスク 1 3 から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき 2 値情報を検出することができる。誘導書き込みヘッド素子 3 2 は、例えば導電コイルパターン (図示せず) で生起される磁界を利用して磁気ディスク 1 3 に 2 値情報を書き込むことができる。

【 0 0 2 4 】

MR 素子 3 1 は上下 1 対の非磁性ギャップ層 3 3、3 4 に挟み込まれる。非磁性ギャップ層 3 3、3 4 は例えば Al_2O_3 (アルミナ) で構成されればよい。こうして非磁性ギャップ層 3 3、3 4 に挟み込まれた MR 素子 3 1 は上部および下部シールド層 3 5、3 6 に挟み込まれる。上部および下部シールド層 3 5、3 6 は例えば FeN や NiFe から構成されればよい。下部シールド層 3 6 は、前

述のヘッド素子内蔵膜 24 の下側半層を構成する Al_2O_3 (アルミナ) 膜 (図示せず) の表面に沿って広がる。

【0025】

誘導書き込みヘッド素子 32 は、上部シールド層 35 の表面に沿って広がる非磁性ギャップ層 38 を備える。非磁性ギャップ層 38 は例えば Al_2O_3 (アルミナ) で構成されればよい。上部シールド層 35 には、この非磁性ギャップ層 38 を挟んで上部磁極層 39 が向き合う。上部磁極層 39 は例えば NiFe から構成されればよい。上部磁極層 39 は、非磁性ギャップ層 38 の表面に沿って広がる Al_2O_3 (アルミナ) 膜 40 に覆われる。 Al_2O_3 膜 40 は前述の Al_2O_3 膜との間に MR 素子 31 および誘導書き込みヘッド素子 32 を挟み込む。すなわち、この Al_2O_3 膜 40 はヘッド素子内蔵膜 24 の上側半層を構成する。

【0026】

上部磁極層 39 および上部シールド層 35 は協働して誘導書き込みヘッド素子 32 の磁性コアを構成する。すなわち、誘導書き込みヘッド素子 32 の下部磁極層は MR 素子 31 の上部シールド層 35 として機能する。導電コイルパターンで磁界が生起されると、非磁性ギャップ層 38 の働きで、上部磁極層 39 と上部シールド層 35 とを行き交う磁束流は浮上面 25 から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束流によって記録磁界 (ギャップ磁界) は形成される。

【0027】

MR 素子 32 は、1 平面すなわち非磁性ギャップ層 34 の表面に沿って広がる磁気抵抗効果 (MR) 膜すなわちスピバルブ膜 41 を備える。このスピバルブ膜 41 には、非磁性ギャップ層 34 の表面に交差する区画面で仕切られた 1 対の端面 41a、41b が形成される。これら端面 41a、41b は非磁性ギャップ層 34 の表面に対してテーパ角 θ で傾斜する。

【0028】

同様に、前述の 1 平面すなわち非磁性ギャップ層 34 の表面には、浮上面 25 に沿ってスピバルブ膜 41 を挟み込む 1 対の磁区制御膜 42 が形成される。磁区制御膜 42 は、非磁性ギャップ層 34 の表面で浮上面 25 に沿って延びる。磁区制御膜 42 の先端はスピバルブ膜 41 の端面 41a、41b に接続される。

磁区制御膜 42 は例えば CoPt や CoCrPt といった金属材料から形成されればよい。

【0029】

各磁区制御膜 42 の表面には電極薄膜 43 が広がる。電極薄膜 43 は、磁区制御膜 42 と上部シールド層 35 との間に挟み込まれる。スピバルブ膜 41 には電極薄膜 43 からセンス電流が供給される。電極薄膜 43 は例えば Au といった導電率の高い材料から形成されることが望まれる。

【0030】

図 4 に示されるように、スピバルブ膜 41 は、非磁性ギャップ層 34 の表面に積層される下地層 44 を備える。この下地層 44 は、 Ta 層 44a と、この Ta 層 44a の表面に積層される NiFe 層 44b とで構成されればよい。この下地層 44 の表面には、自由側強磁性層 (free layer) 45 が重ね合わせられる。自由側強磁性層 45 は例えば $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ といった強磁性材料から形成されればよい。自由側強磁性層 45 の表面には非磁性中間層 46 が重ね合わせられる。非磁性中間層 46 は例えば Cu といった導電金属材料から形成されればよい。

【0031】

非磁性中間層 46 の表面には固定側強磁性層 (pinned layer) 47 が重ね合わせられる。固定側強磁性層 47 は例えば $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ といった強磁性材料から形成されればよい。固定側強磁性層 47 の表面には反強磁性層 (pinning layer) 48 が重ね合わせられる。この反強磁性層 48 は例えば FeMn や PdPtMn といった反強磁性合金材料から形成されればよい。この反強磁性層 48 の働きに応じて固定側強磁性層 47 の磁化方向は固定される。反強磁性層 48 の表面は保護層 49 で覆われてもよい。保護層 49 は、 Cu 層 49a と、この Cu 層 49a 上に形成されるキャップ層すなわち Ta 層 49b とを備えればよい。

【0032】

磁気情報の読み出しにあたって MR 素子 31 が磁気ディスク 13 の表面に向き合わせられると、スピバルブ膜 41 では、周知の通り、磁気ディスク 13 から

作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層45の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層45の磁化方向が回転すると、スピバルブ膜41の電気抵抗は大きく変化する。したがって、電極薄膜43からスピバルブ膜41にセンス電流が供給されると、電気抵抗の変化に応じて、電極薄膜43から取り出される電気信号のレベルは変化する。このレベルの変化に応じて2値情報は読み取られることができる。

【0033】

以上のようなMR素子31では、図5から明らかなように、スピバルブ膜41の膜厚 t_1 は磁区制御膜42および電極薄膜43の総膜厚 t_2 に等しく設定される。その結果、上部シールド層35には、任意の1平面51に沿って広がってスピバルブ膜41の表面に向き合う第1境界面52と、同様にその1平面51に沿って広がって磁区制御膜42の表面に向き合う第2境界面53とが規定されることができる。ただし、図5から明らかなように、上部シールド層35には、第1および第2境界面52、53の間で浮上面25から離れる方向に延びる小溝54が形成されてもよい。こういった小溝54は、MR素子31の製造過程でスピバルブ膜41の端面41a、41b上に必然的に形成される磁区制御膜42や電極薄膜43の盛り上がり55に基づき形成される。なお、上部シールド層35の第1および第2境界面52、53と、スピバルブ膜41の表面や電極薄膜43の表面との間には、均一な膜厚で広がる非磁性ギャップ層33が挟み込まれる。

【0034】

MR素子31に組み込まれる磁区制御膜42では、スピバルブ膜41を横切る1方向に沿って磁化方向は規定される。こうした磁化 M_g が磁区制御膜42に確立されると、例えば図5に示されるように、一方の磁区制御膜42の先端に生じる例えばN極から、他方の磁区制御膜42の先端に生じるS極に向かっていわゆる縦バイアス磁界 B_S は形成されることができる。この縦バイアス磁界 B_S は自由側強磁性層45の単磁区化に大いに役立つと考えられる。こうして自由側強磁性層45の単磁区化が実現されると、磁気情報の読み出しにあたっていわゆるバルクハウゼンノイズは確実に低減されることができる。2値情報は誤り無く解

読されることができる。

【 0 0 3 5 】

一般に、磁区制御膜 4 2 に対する着磁にあたって、上部シールド層 3 5 は同時に着磁磁界に曝される。こういった上部シールド層 3 5 には一般に軟磁性材料が用いられることから、磁区制御膜 4 2 の着磁後に上部シールド層 3 5 には磁区制御膜 4 2 の磁化方向と同方向に残留磁化 M_r が存在すると予想される。したがって、上部シールド層 3 5 の任意の端面で磁化 M_r が途切れると、周知の通り、そういった端面には磁極（チャージ）が生じてしまう。

【 0 0 3 6 】

前述のような MR 素子 3 1 では、上部シールド層 3 5 の下向き面が 1 平面 5 2 に沿って広がることから、スピバルブ膜 4 1 に向き合う下向き面では磁化 M_r は途切れにくい。したがって、磁極は生じにくい。上部シールド層 3 5 の残留磁化 M_r に基づき縦バイアス磁界 B_S が弱められることは回避されることができる。たとえ前述のような小溝 5 4 で磁化 M_r が途切れたとしても、小溝 5 4 には N 極および S 極は同時に生成されることができる。こういった N 極および S 極は相互に影響し合うことから、磁区制御膜 4 2 の先端に生じる N 極や S 極は小溝 5 4 内の S 極や N 極から影響を受けにくい。したがって、縦バイアス磁界 B_S の弱化は概ね回避されることができる。

【 0 0 3 7 】

発明者は、以上のような MR 素子 3 1 の磁束線分布および磁界強度の等高線分布を検証した。この検証にあたって、磁化モデルに基づき二次元の有限要素法が用いられた。この計算にあたって交換結合磁界は考慮された。図 6 (a) に示されるように、上部シールド層 3 5 および下部シールド層 3 6 に磁化 M_r が形成されても、磁区制御膜 4 2 では、スピバルブ膜 4 1 の端面 4 1 a に接触する先端に向かって一様な磁化 M_g が確立されることが証明された。しかも、上部シールド層 3 5 の小溝 5 4 に出現する 1 対の磁極同士が相互に影響し合う結果、磁区制御膜 4 2 の磁極は小溝 5 4 内の反磁極から影響を受けにくいことが確認された。その結果、例えば図 6 (b) に示されるように、磁区制御膜 4 2 の先端にはスピバルブ膜 4 1 に向かって強い磁界が生成されることが確認された。

【 0 0 3 8 】

例えば図 7 に示されるように、従来の MR 素子 1 0 1 では、磁区制御膜 1 0 2 および電極膜 1 0 3 の総膜厚 t_2 はスピバルブ膜 1 0 4 の膜厚 t_1 よりも著しく大きく設定される。こういった電極膜 1 0 3 やスピバルブ膜 1 0 4 の表面に均一な膜厚で非磁性ギャップ層 1 0 5 が積層される結果、上部シールド層 1 0 6 では、スピバルブ膜 1 0 4 の表面に向き合う第 1 境界面 1 0 7 と、電極膜 1 0 3 の表面に向き合う第 2 境界面 1 0 8 との間に浮上面 2 5 から離れる方向に延びる大きな段差 1 0 9 が形成されてしまう。このとき、磁区制御膜 1 0 2 の着磁後に上部シールド層 1 0 6 に磁化 M_r が残留すると、段差 1 0 9 には、上部シールド層 1 0 6 の磁化 M_r の途切れに基づき磁極 1 1 0 が出現することが予想される。こういった磁極 1 1 0 は、磁区制御膜 1 0 2 の先端に形成される磁極に強い影響を及ぼす。

【 0 0 3 9 】

発明者は、前述と同様に、こういった MR 素子 1 0 1 の磁束線分布および磁界強度の等高線分布を検証した。図 8 (a) に示されるように、この MR 素子 1 0 1 では、上部シールド層 3 5 および下部シールド層 3 6 に磁化 M_r が形成されると、段差 1 0 9 に磁極 1 1 0 が出現することが確認された。その結果、磁区制御膜 1 0 2 からそういった磁極 1 1 0 に向かう磁界が形成されることが確認された。こいった MR 素子 1 0 1 では、図 8 (b) に示されるように、磁区制御膜 1 0 2 の先端に著しく弱い磁界しか生成されることはできない。従来の MR 素子 1 0 1 では、1 対の磁区制御膜 1 0 2 の働きで十分な強さの縦バイアス磁界を生起することはできないことが予想される。

【 0 0 4 0 】

前述の MR 素子 3 1 を製造するにあたっては、従来と同様に、下部シールド層 3 6 上に、非磁性ギャップ層 3 4 やスピバルブ膜 4 1、磁区制御膜 4 2、電極薄膜 4 3 が順番に積層形成されればよい。電極薄膜 4 3 の形成後に、非磁性ギャップ層 3 3 や上部シールド層 3 5 は順番に積層形成されていけばよい。ただし、スピバルブ膜 4 1 の膜厚 t_1 と、磁区制御膜 4 2 および電極薄膜 4 3 の総膜厚 t_2 とを同等に設定するにあたっては、従来に比べて磁区制御膜 4 2 や電極薄膜

4 3 は薄く形成されることが望まれる。薄く広がる電極薄膜 4 3 の実現にあたっては例えば A u といった導電率の高い材料が用いられればよい。その他、スピントバルブ膜 4 1 の下地層 4 4 が従来に比べて厚く形成されてもよい。このように厚い下地層 4 4 が用いられる場合には、非磁性ギャップ層 3 4 は従来に比べて薄く形成されることが望まれる。下地層 4 4 が厚くとも非磁性ギャップ層 3 4 が薄ければ、MR 素子 3 1 のシールドギャップの増大すなわち線記録密度の悪化は回避されることができる。

【 0 0 4 1 】

図 9 は本発明の第 2 実施形態に係る磁気抵抗効果 (MR) 素子 3 1 a を示す。この MR 素子 3 1 a では、下部シールド層 3 6 に向き合う上部シールド層 3 5 の対向面 3 5 a に隆起部 5 7 が形成される。この隆起部 5 7 は上部シールド層 3 5 の対向面 3 5 a から磁気抵抗効果膜 4 1 に向かって盛り上がる。隆起部 5 7 の頂上面には、第 1 平面 5 8 に沿って磁気抵抗効果膜 4 1 に向き合う第 1 境界面 5 9 が規定される。その一方で、隆起部 5 7 の裾野では、第 2 平面 6 0 に沿って磁区制御膜 4 2 に向き合う第 2 境界面 6 1 が規定される。第 1 および第 2 平面 5 8、6 0 の距離は隆起部 5 7 の盛り上がり高さ h_s 、すなわち、第 1 および第 2 境界面 5 9、6 1 の間に区画される段差の大きさに相当する。特に、この MR 素子 3 1 a では、隆起部 5 7 の盛り上がり高さ h_s と上部シールド層の磁化強度例えば残留磁化 M_r の大きさとの積すなわち磁極の強さ ($h_s \times M_r$) は、磁区制御膜 4 2 の膜厚 t_h とその残留磁化 M_g の大きさとの積すなわち磁極の強さ ($t_h \times M_g$) よりも小さく設定される。この第 2 実施形態では、前述の第 1 実施形態と同様または均等な構成には同一の参照符号が付される。重複する説明は省略される。

【 0 0 4 2 】

発明者は、前述と同様に、こういった MR 素子 3 1 a の磁束線分布および磁界強度の等高線分布を検証した。図 1 0 (a) に示されるように、従来の MR 素子 1 0 1 に比べて、磁区制御膜 4 2 から隆起部 5 7 すなわち段差の磁極に向かう磁界は軽減されることが確認された。したがって、こういった MR 素子 3 1 a では、図 1 0 (b) に示されるように、従来の MR 素子 3 1 a に比べて比較的強い

磁界は磁区制御膜 4 2 の先端に生成されることができる。縦バイアス磁界の弱化は概ね回避されることが期待される。

【 0 0 4 3 】

図 1 1 は本発明の第 3 実施形態に係る磁気抵抗効果 (MR) 素子 3 1 b を示す。この MR 素子 3 1 b では、前述のような磁区制御膜 4 2 の磁化 M_g に対して逆向きの磁化 M_r が上部シールド層 3 5 に確立される。こういった磁化 M_g 、 M_r の実現にあたって、MR 素子 3 1 b の製造過程では、例えば図 1 2 に示されるように、第 1 強度の順向き磁界 6 2 で磁区制御膜 4 2 に着磁が施された後に、例えば図 1 3 に示されるように、第 1 強度よりも弱く順向き磁界 6 2 の向きに正反対の逆向き磁界 6 3 で上部シールド層 3 5 に着磁が施されればよい。このとき、順向き磁界 6 2 の大きさは磁区制御膜 4 2 の抗磁力 (例えば $H_c \geq 80 \text{ kA/m}$) に応じて設定されればよく、逆向き磁界 6 3 の大きさは上部シールド層 3 5 の抗磁力 (例えば $H_c = 40 \text{ A/m}$ 程度) に応じて設定されればよい。逆向き磁界 6 3 の大きさは、上部シールド層 3 5 の着磁を実現すると同時に磁区制御膜 4 2 の磁化 M_g を弱めない程度に設定されればよい。この第 3 実施形態では、前述の第 1 および第 2 実施形態と同様または均等な構成には同一の参照符号が付される。重複する説明は省略される。

【 0 0 4 4 】

発明者は、前述と同様に、こういった MR 素子 3 1 b の磁束線分布および磁界強度の等高線分布を検証した。図 1 4 (a) に示されるように、磁区制御膜 4 2 には、隆起部 5 7 すなわち段差に生じる磁極から磁束が流れ込むことが確認された。したがって、こういった MR 素子 3 1 b では、図 1 4 (b) に示されるように、磁区制御膜 4 2 の先端に著しく大きな磁界は形成されることができる。縦バイアス磁界は強められることが確認された。

【 0 0 4 5 】

(付記 1) 基礎層の表面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む 1 対の磁区制御膜と、任意の 1 平面に沿って広がる第 1 境界面で磁気抵抗効果膜の表面に向き合うとともに、その 1 平面に沿って広がる第 2 境界面で磁区制御膜に向き合う上部シールド層とを備える

ことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0046】

(付記2) 付記1に記載の磁気抵抗効果素子において、前記上部シールド層には、前記第1および第2境界面を分断する溝が形成されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0047】

(付記3) 付記1または2に記載の磁気抵抗効果素子において、前記磁区制御膜および上部シールド層の間には金製の電極薄膜が挟み込まれることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0048】

(付記4) 下部シールド層と、下部シールド層上で1平面に沿って広がる磁気抵抗効果膜と、その1平面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜を挟み込む1対の磁区制御膜と、対向面で下部シールド層に向き合いつつ下部シールド層との間に少なくとも磁気抵抗効果膜を挟み込む上部シールド層と、上部シールド層上で対向面から磁気抵抗効果膜に向かって盛り上がる隆起部とを備え、隆起部の盛り上がり高さとの積は、磁区制御膜の膜厚と磁区制御膜の磁化強度との積よりも小さく設定されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0049】

(付記5) 付記4に記載の磁気抵抗効果素子において、前記磁区制御膜および上部シールド層の間には金製の電極薄膜が挟み込まれることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0050】

(付記6) 磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜を挟み込み、磁気抵抗効果膜を横切る1方向に着磁される磁区制御膜と、少なくとも磁気抵抗効果膜に覆い被さり、その1方向の逆向きに着磁される上部シールド層とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0051】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、いわゆるバルクハウゼンノイズは確実に低減さ

れることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ハードディスク駆動装置（HDD）の内部構造を概略的に示す平面図である。

【図 2】 浮上ヘッドスライダの一具体例を示す拡大斜視図である。

【図 3】 浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を概略的に示す正面図である。

【図 4】 一具体例に係るスピバルブ膜の構造を概略的に示す拡大正面図である。

【図 5】 本発明の第 1 実施形態に係る磁気抵抗効果（MR）素子の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図 6】 第 1 実施形態に係る MR 素子で（a）磁束線分布、および（b）磁界強度の等高線分布を示す図である。

【図 7】 従来の磁気抵抗効果（MR）素子の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図 8】 従来の MR 素子で（a）磁束線分布、および（b）磁界強度の等高線分布を示す図である。

【図 9】 本発明の第 2 実施形態に係る磁気抵抗効果（MR）素子の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図 10】 第 2 実施形態に係る MR 素子で（a）磁束線分布、および（b）磁界強度の等高線分布を示す図である。

【図 11】 本発明の第 3 実施形態に係る磁気抵抗効果（MR）素子の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図 12】 第 3 実施形態に係る MR 素子の着磁方法を示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図 13】 第 3 実施形態に係る MR 素子の着磁方法を示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

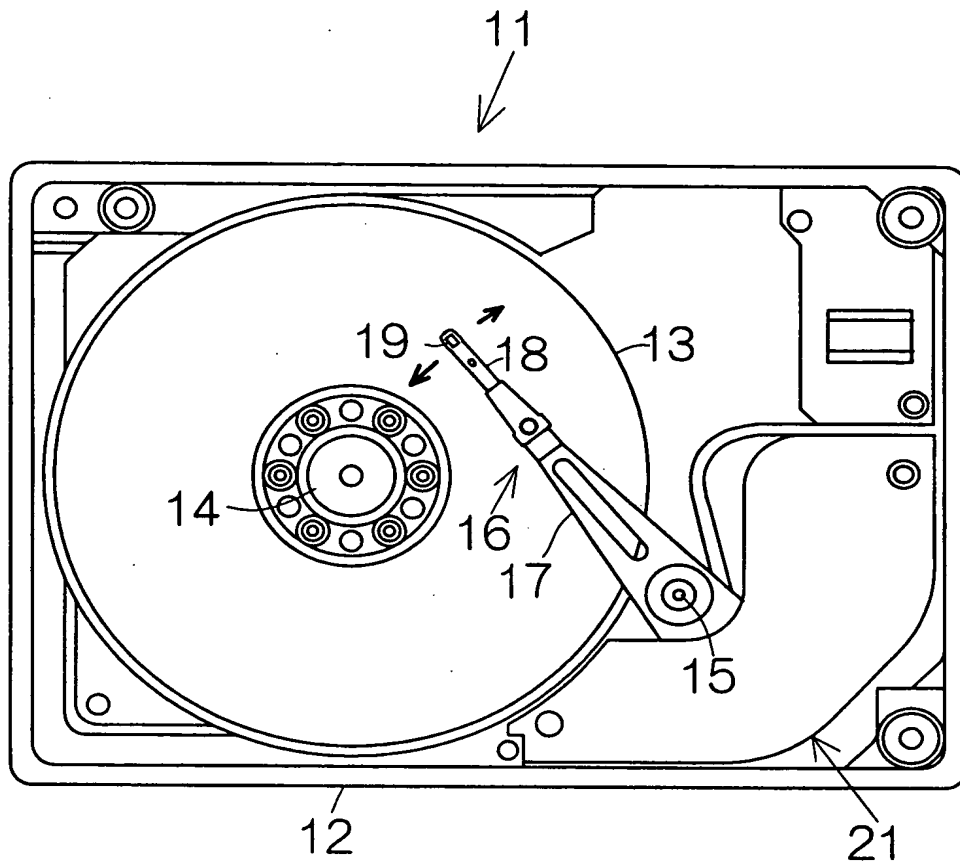
【図 14】 第 3 実施形態に係る MR 素子で（a）磁束線分布、および（b）磁界強度の等高線分布を示す図である。

【符号の説明】

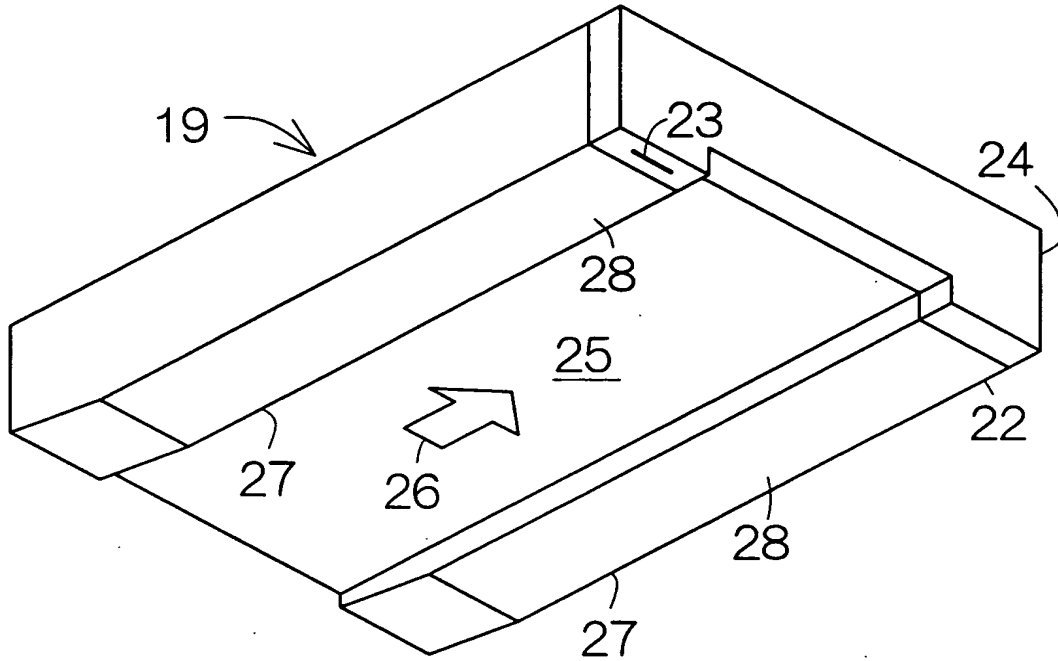
3 1, 3 1 a ~ 3 1 c 磁気抵抗効果素子、3 4 基礎層としての非磁性ギャップ層、3 5 上部シールド層、3 5 a 対向面、3 6 下部シールド層、4 1 磁気抵抗効果膜としてのスピバルブ膜、4 2 磁区制御膜、4 3 電極薄膜、5 1 任意の 1 平面、5 2 第 1 境界面、5 3 第 2 境界面、5 4 溝、5 7 隆起部、h s 隆起部の盛り上がり高さ、t h 磁区制御膜の膜厚。

【書類名】 図面

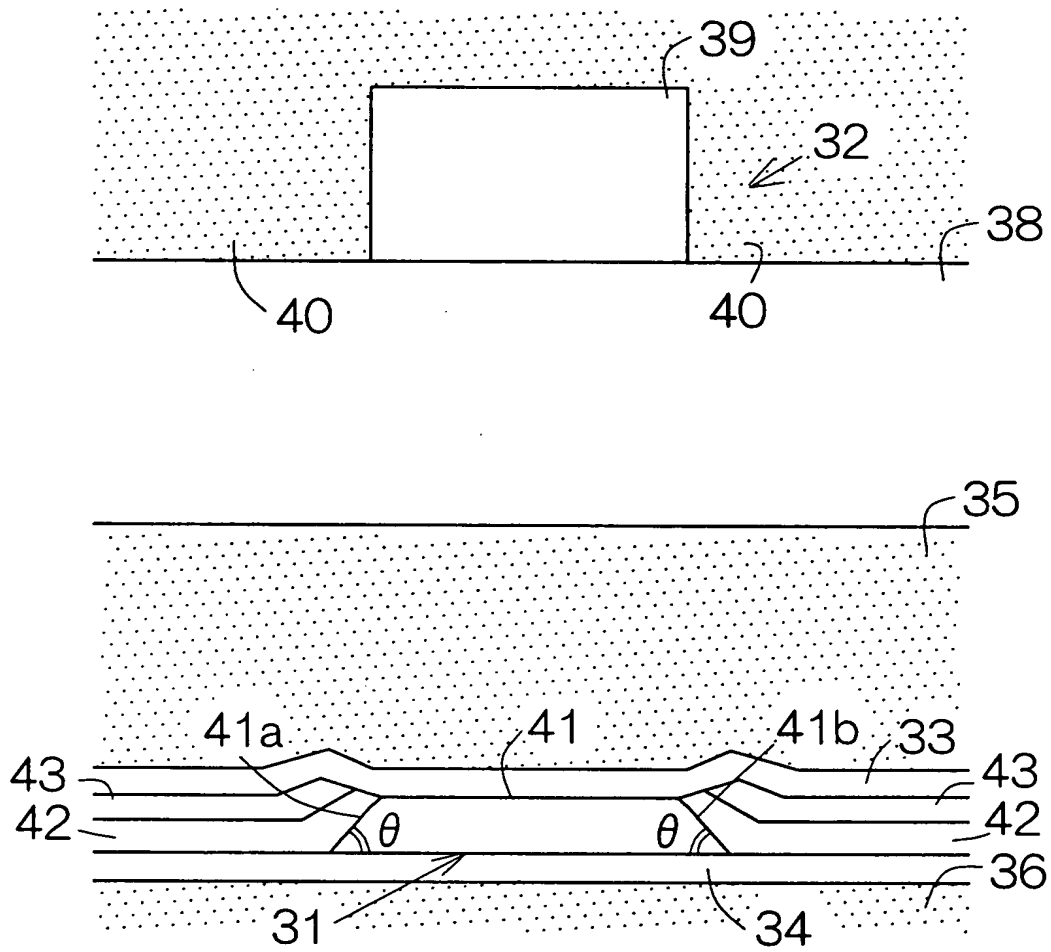
【図 1】



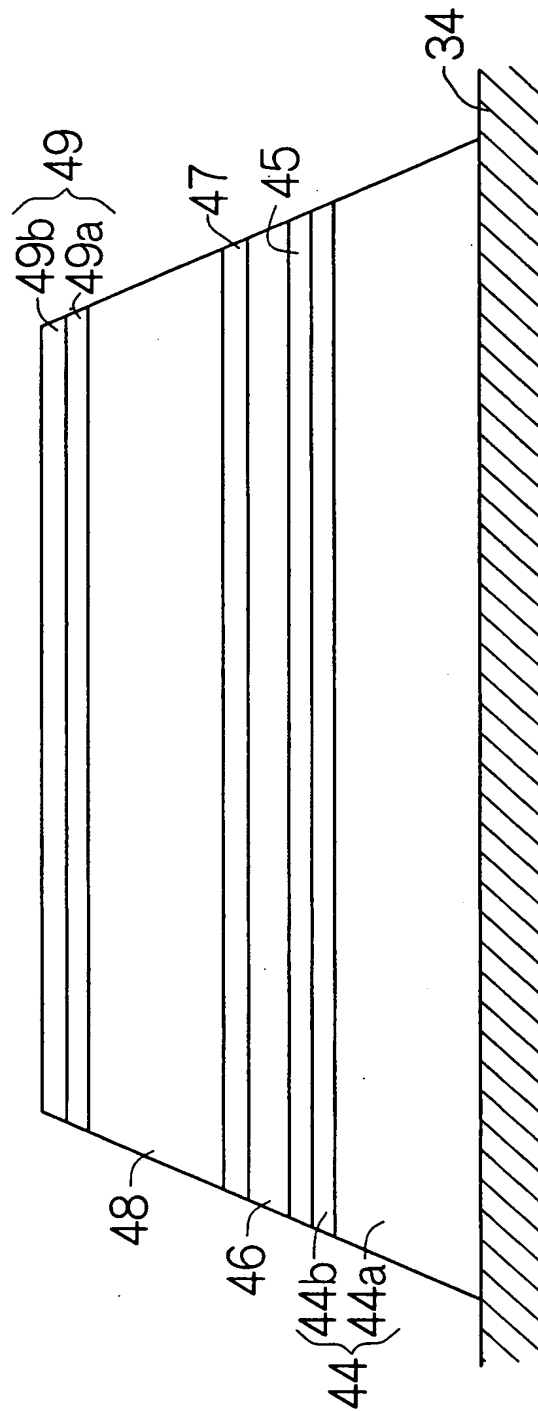
【図 2】



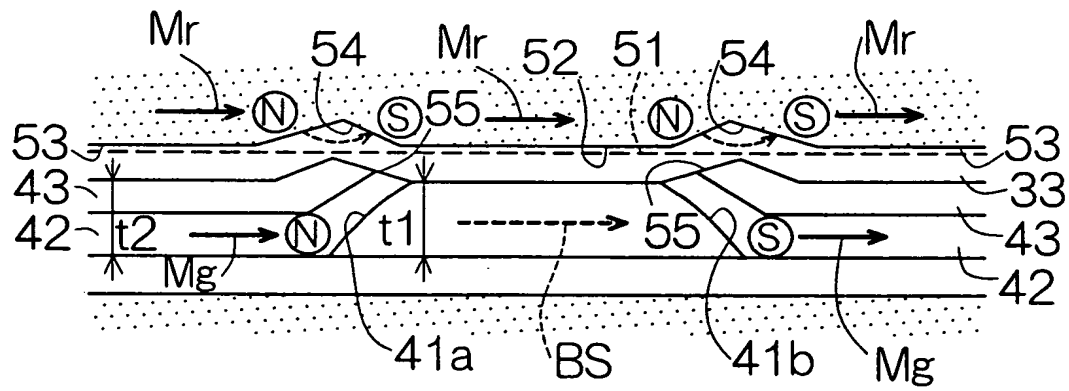
【図 3】



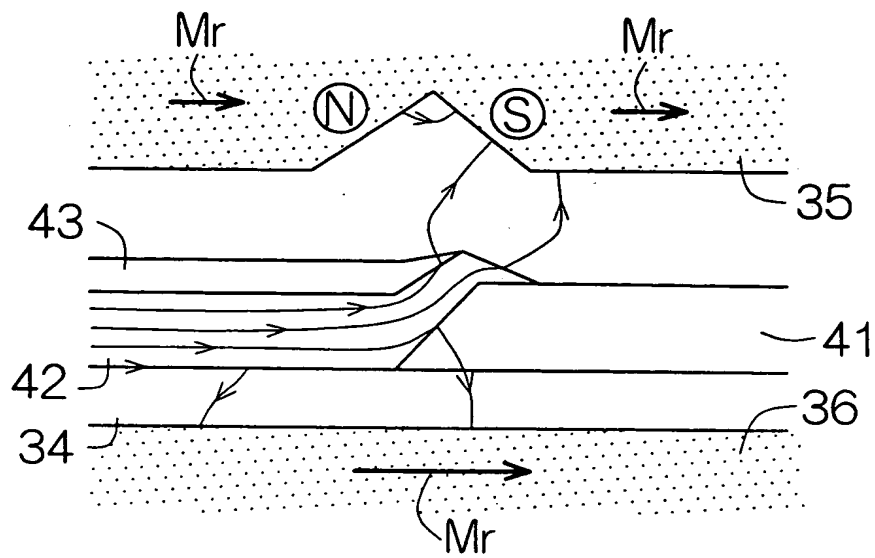
【図 4】



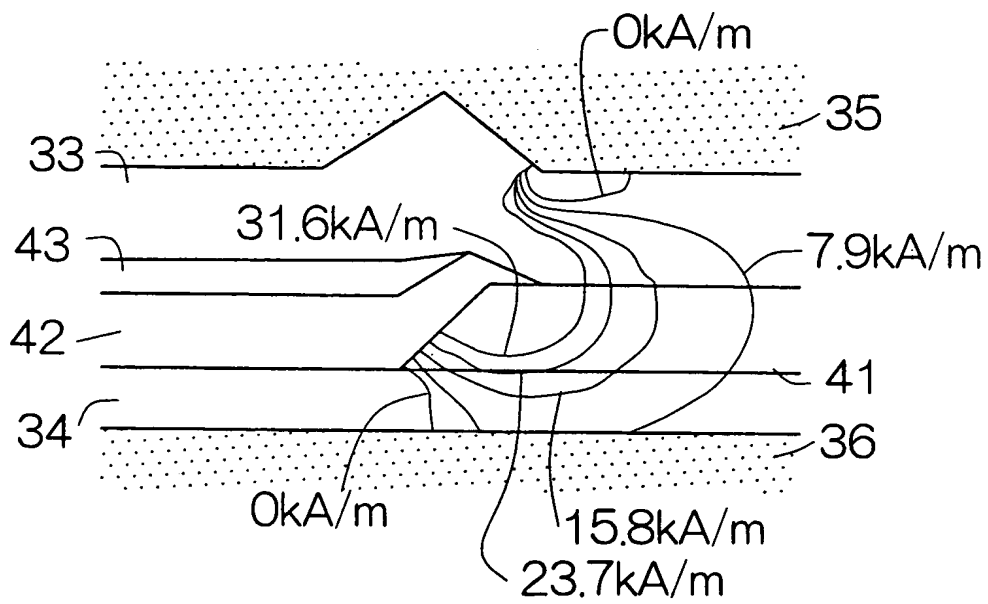
【図 5】



【図 6】

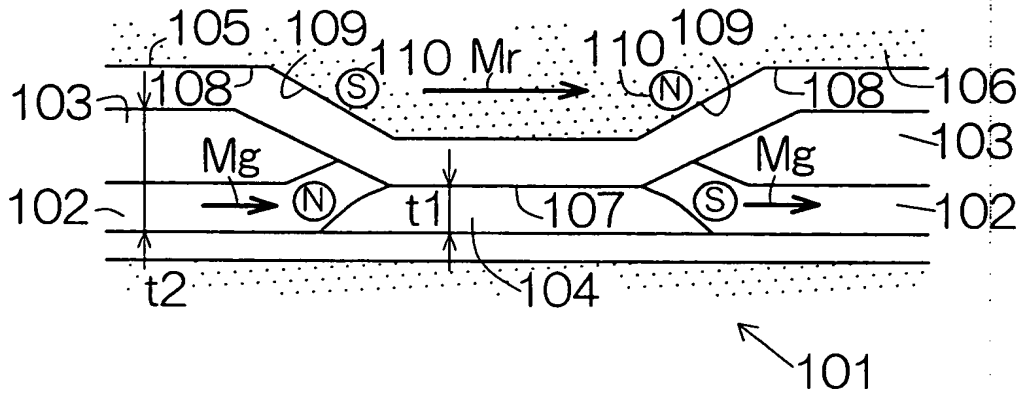


(a)

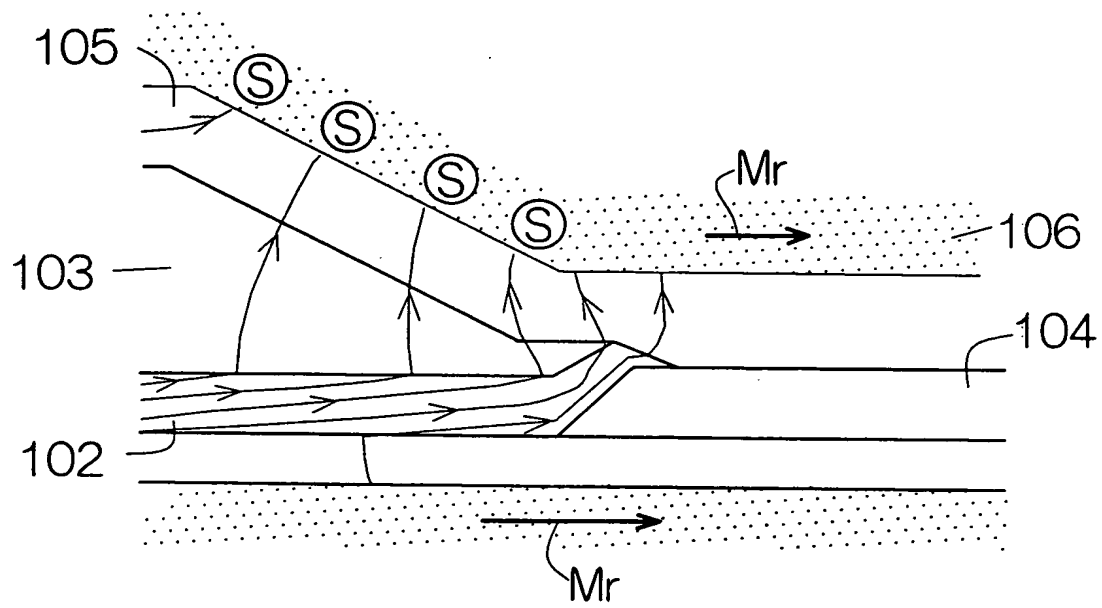


(b)

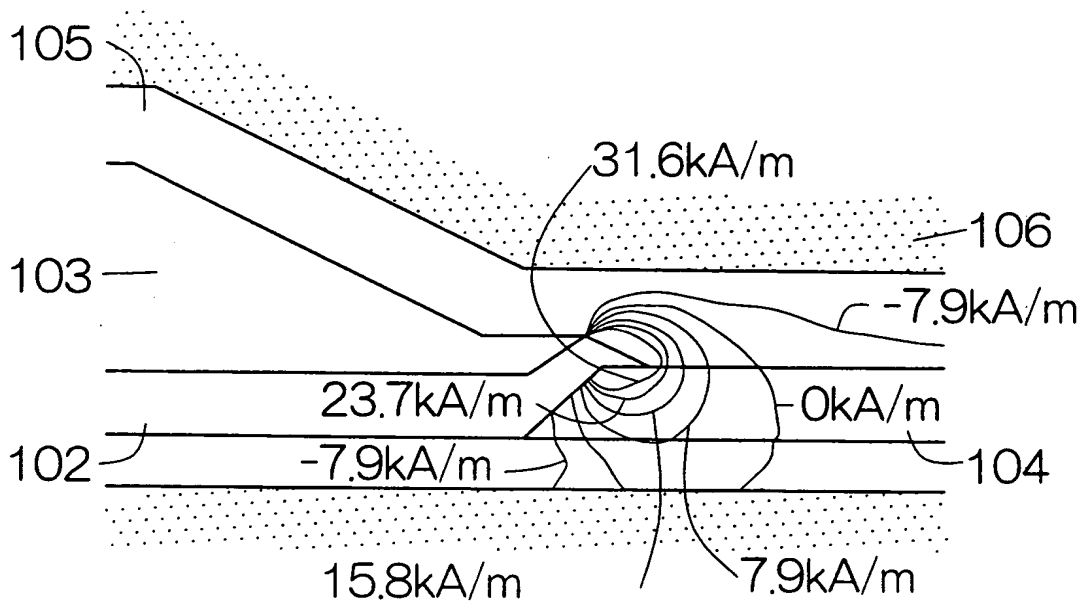
【図 7】



【図 8】

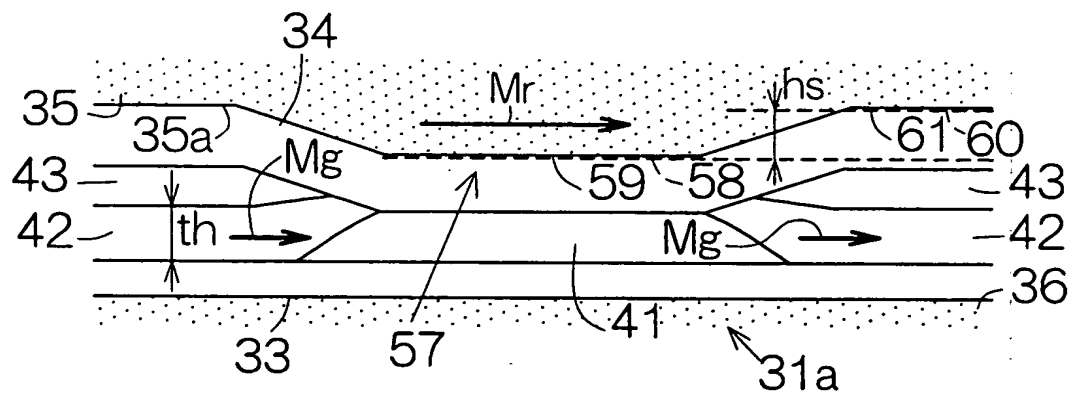


(a)

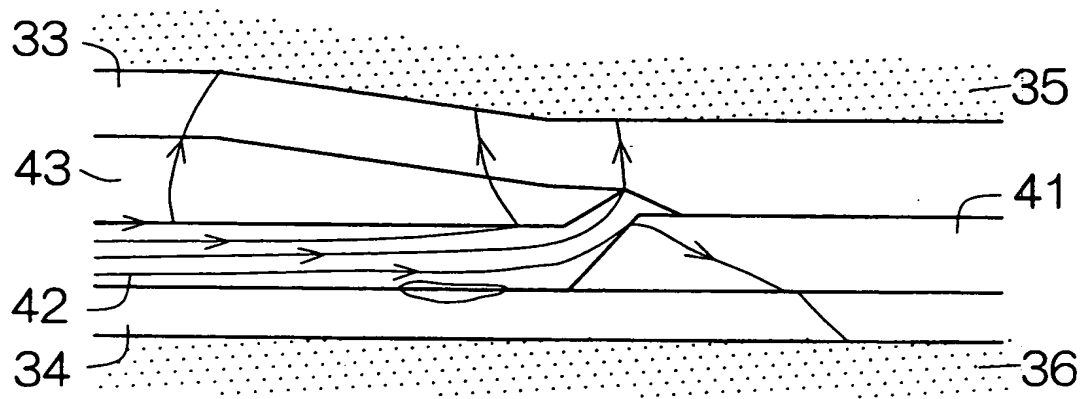


(b)

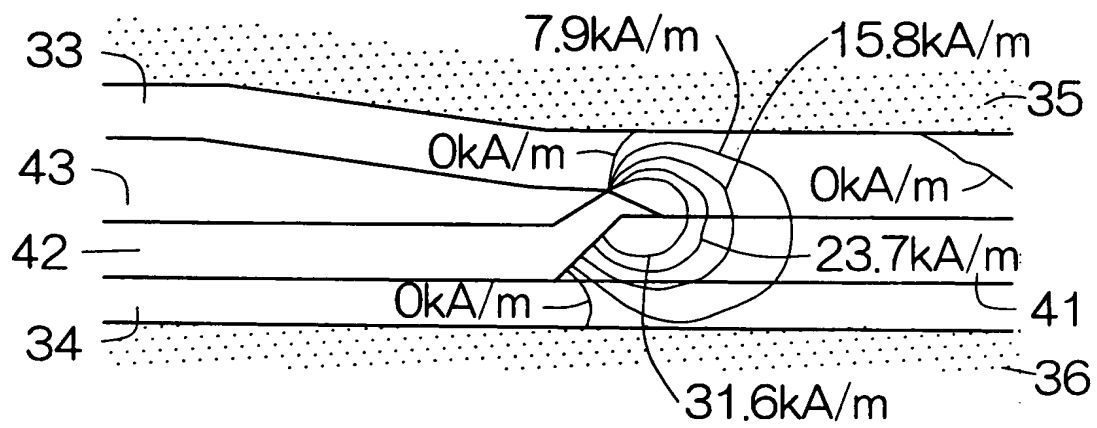
【図 9】



【図10】

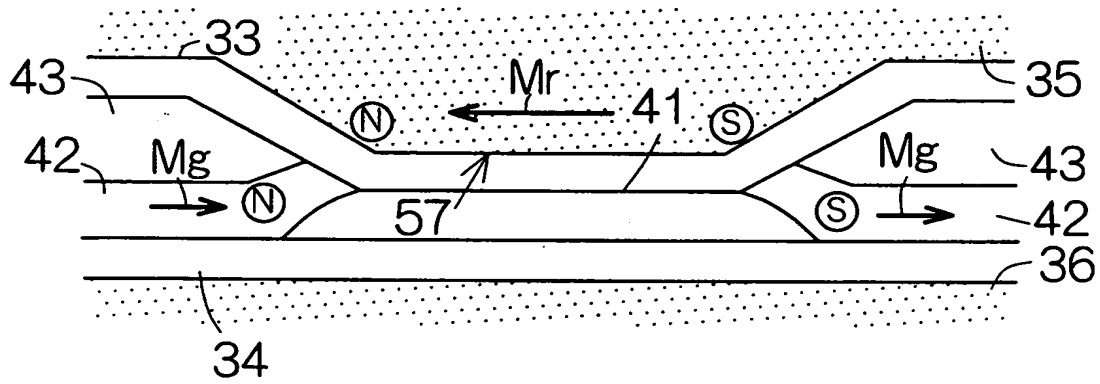


(a)

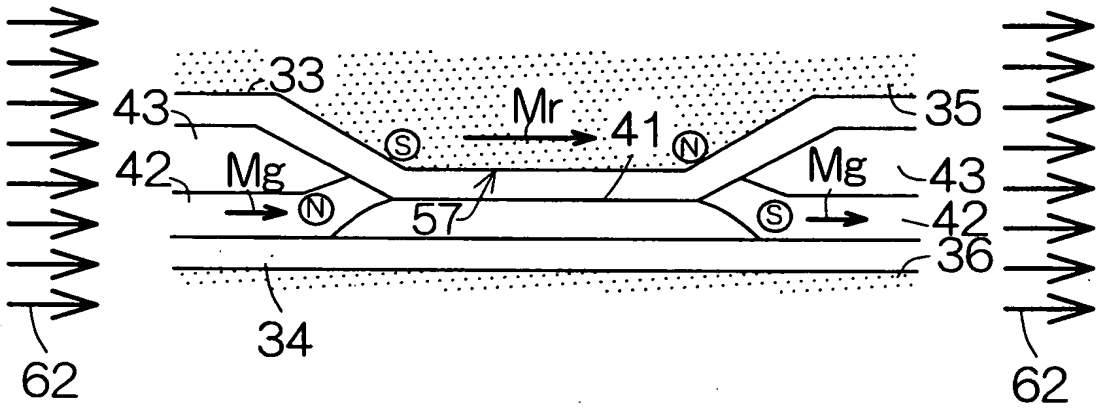


(b)

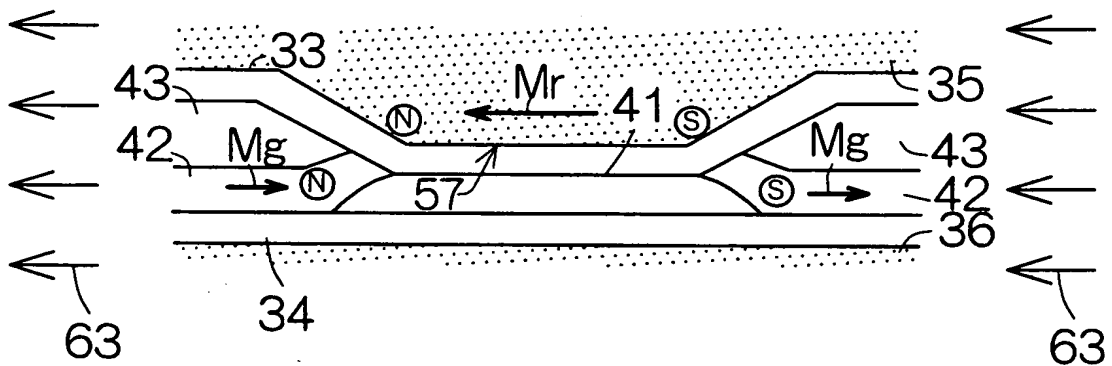
【図 1 1】



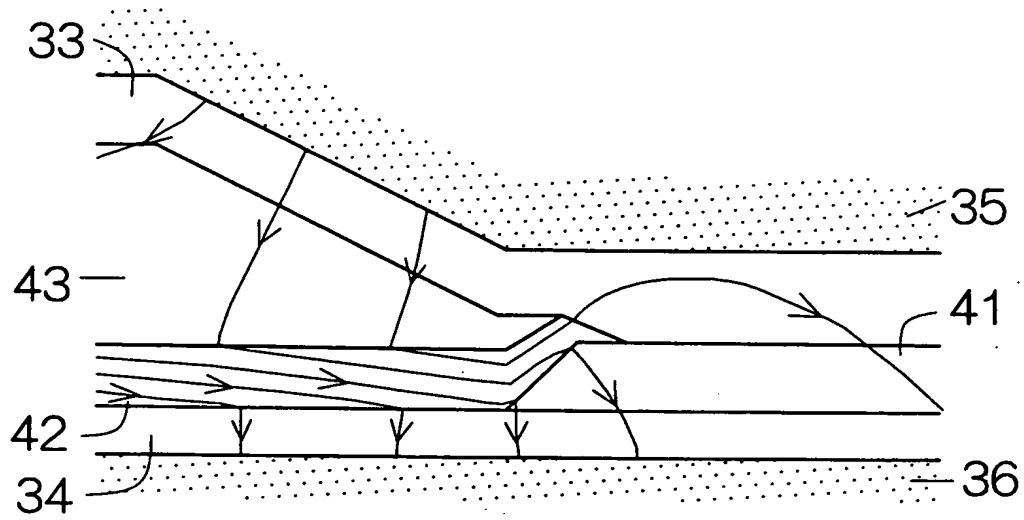
【図 1 2】



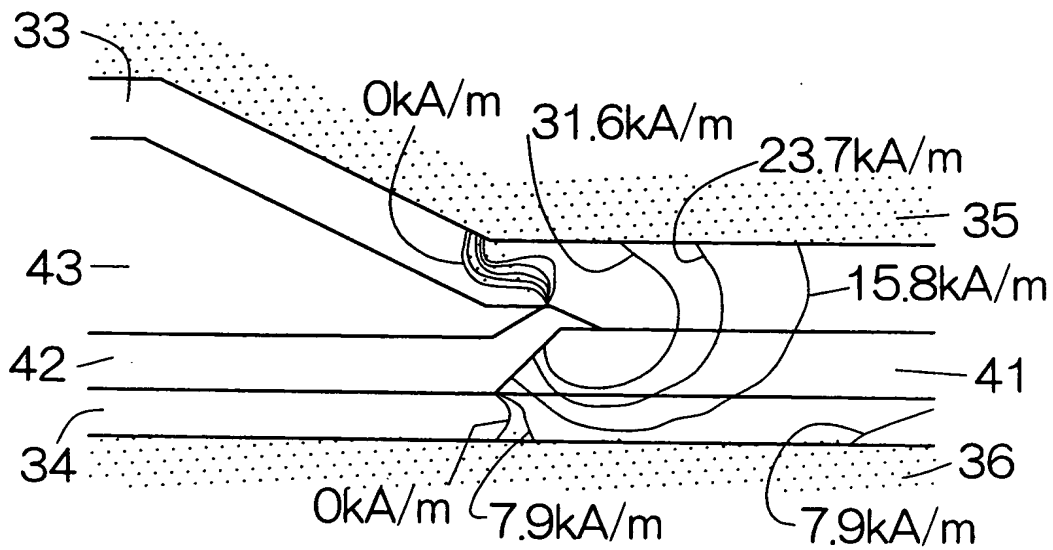
【図 1 3】



【図 14】



(a)



(b)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 いわゆるバルクハウゼンノイズを確実に低減することができる磁気抵抗効果膜を提供する。

【解決手段】 磁区制御膜42および電極膜43や磁気抵抗効果膜41に向き合う上部シールド層35の対向面はほぼ1平面51に沿って規定される。磁区制御膜42の着磁後に上部シールド層35には磁区制御膜42の磁化 M_g と同方向に残留磁化 M_r が存在すると予想される。上部シールド層35の対向面では磁化 M_r は途切れにくい。磁極は生じにくい。上部シールド層35の残留磁化 M_r に基づき縦バイアス磁界 B_S が弱められることは回避されることができる。

【選択図】 図5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社